



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 199 02 807 C 1

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 02 M 51/06**  
F 02 M 65/00  
F 02 M 47/02

②1 Aktenzeichen: 199 02 807.9-13  
②2 Anmeldetag: 25. 1. 1999  
④3 Offenlegungstag: -  
④5 Veröffentlichungstag:  
der Patenterteilung: 8. 6. 2000

DE 199 02 807 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

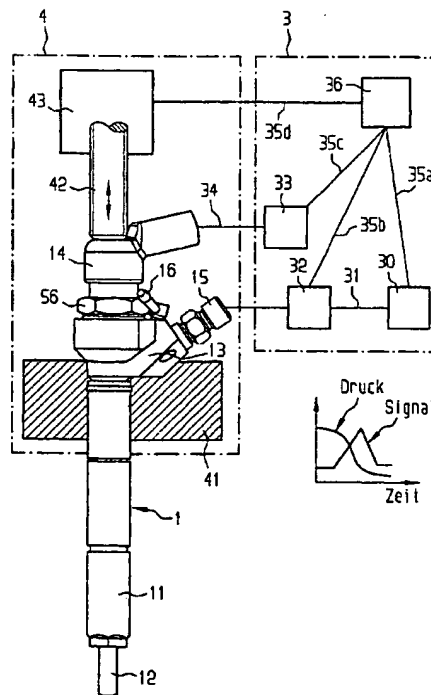
⑦2 Erfinder:  
Frank, Wilhelm, 96049 Bamberg, DE; Rizk, Reda,  
51143 Köln, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 195 38 791 C2  
DE 195 19 192 C1  
DE 197 14 486 A1  
DE 196 19 319 A1

⑤4 Leerhubeinstellung zwischen einem Aktor und einem vom Aktor betätigten Servoventil in einem  
Kraftstoffinjektor

⑤7 Ein Stellantrieb 2 wird in einem Kraftstoffinjektor 1 positioniert, indem auf der Grundlage einer Funktionsprüfung des Stellantriebs 2 die Position des Stellantriebs bestimmt und mit einer Vorschubvorrichtung 4 angepaßt wird. Der Stellantrieb 2 ist dabei vorzugsweise mit seinem Gehäuse 213 gegen das Injektorgehäuse 13 vorgespannt und wird durch eine Klemmeinrichtung 54, 55, 56 gesichert.



DE 199 02 807 C 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Positionieren eines Stellantriebs in einem Kraftstoffinjektor, eine Vorrichtung zur Durchführung eines solchen Verfahrens, und einen Kraftstoffinjektor mit einem Stellantrieb.

Bei der Kraftstoffversorgung von Brennkraftmaschinen werden zunehmend Speichereinspritzsysteme eingesetzt, bei denen mit sehr hohen Einspritzdrücken und schnellen Schaltgeschwindigkeiten gearbeitet wird. Bei diesen Speichereinspritzsystemen wird Kraftstoff mittels einer Hochdruckpumpe in einen Hochdruckspeicher gefördert, von dem aus der Kraftstoff mit Hilfe von Kraftstoffinjektoren in die Brennkraftmaschine eingespritzt wird. Der Kraftstoffinjektor weist im allgemeinen ein Einspritzventil auf, das hydraulisch von einem Servoventil geöffnet und geschlossen wird, um den zeitlichen Verlauf des Einspritzvorgangs in die Brennkammer genau festzulegen. Das Servoventil wird dabei von einem elektrisch angesteuerten Aktor betätigt, wobei sich vor allem der Einsatz von piezoelektrischen Aktoren zum Erzielen ausreichend kurzer Schaltzeiten als vorteilhaft erwiesen hat. In einem solchen piezoelektrischen Aktor wird durch Anlegen von Spannung eine Längsdehnung hervorgerufen, die auf das Servoventil übertragen wird, das dann wiederum das Einspritzventil öffnet oder schließt. Damit die im  $\mu\text{m}$ -Bereich liegende Längsdehnung des piezoelektrischen Aktors das Servoventil betätigen kann, wird diese Längsdehnung im allgemeinen entweder mechanisch durch einen im Kraftstoff gelagerten Hebelübersetzer oder hydraulisch durch einen Druckraum verstärkt.

Um die für einen optimalen Verbrennungsverlauf erforderlichen schnellen Schaltgeschwindigkeiten und kleinen Einspritzmengen beim Kraftstoffinjektor erzielen zu können, ist es erforderlich, den Kraftstoffinjektor sehr genau einzustellen. Dies gilt insbesondere für den sich zwischen dem piezoelektrischen Aktor und dem Servoventil ergebenden Leerhub im Kraftstoffinjektor. Diese Einstellung des Leerhubs im Kraftstoffinjektor wird so vorgenommen, daß die genaue Anordnung der einzelnen Komponenten des Kraftstoffinjektors, insbesondere deren Abstände zueinander, rechnerisch aus den Abmessungen dieser Komponenten ermittelt werden. Hierzu muß derzeit jede Komponente einzeln aufwendig vermessen werden. Nach dem Ausmessen wird der Leerhub dann durch zwischen dem Injektorgehäuse und dem Aktor bzw. dem Servoventil angeordnete Einstellscheiben eingestellt, die nur eine minimale Toleranz aufweisen dürfen und deshalb sehr aufwendig zu fertigen sind.

Aus DE 197 14 486 A1 ist ein Kraftstoffeinspritzventil mit einem mechanischen Übersetzer bekannt, über den die Auslenkung eines Piezoelektrischen Aktors verstärkt über einen Kolben auf eine Düsenadel oder direkt auf eine Düsenadel übertragen wird. Bei Auslenkung der Düsenadel wird ein Dichtsitz freigegeben, durch den der Kraftstofffluß über Einspritzlöcher in dem Brennraum einer Brennkraftmaschine gesteuert wird.

Durch die Fertigungstoleranzen der in Übersetzer vorhandenen mechanischen Bauteile entsteht ein Leerhub, der nur aufwendig auf einen vorgegebenen Wert einstellbar ist.

Um den eingestellten Leerhub zu überprüfen, ist es erforderlich, den Kraftstoffinjektor komplett zusammenzubauen und unter Betriebsbedingungen zu testen. Falls Funktionsfehler festgestellt werden, muß der Kraftstoffinjektor nach dem Testlauf wieder vollständig in seine Einzelteile zerlegt und vermessen werden. Dann können die Einstellscheiben eventuell nachgearbeitet bzw. ausgetauscht werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zum Positionieren eines Stellantriebs in einem Kraftstoff-

injektor, eine Vorrichtung zur Durchführung eines solchen Verfahrens sowie einen Kraftstoffinjektor bereitzustellen, wodurch mit geringem Aufwand ein zuverlässiges Positionieren des Stellantriebs im Kraftstoffinjektor sowie eine serientaugliche Funktionsüberprüfung des Kraftstoffinjektors ermöglicht wird.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Gemäß der Erfindung wird ein aus einem Aktor und einem Servoventil bestehender Stellantrieb in einem Kraftstoffinjektor, bei dem eine Wirkverbindung durch ein Übertragungselement, z. B. einen Hebelübersetzer oder einen Kolben, zwischen dem Aktor und dem Servoventil ausgebildet ist, um eine Längsbewegung des Aktors auf das Servoventil zu übertragen, so positioniert, daß ein Aktorgehäuse in ein Injektorgehäuse in Richtung auf das Servoventil gegen eine Haltekraft einer Vorspanneinrichtung vorgeschoben wird, wobei zusätzlich eine Funktionsüberprüfung des Stellvorgangs des Stellantriebs ausgeführt wird, um festzustellen, ob die gewünschte Position des Aktors in bezug auf das Servoventil und damit der geforderte Leerhub zwischen dem Aktor und dem Servoventil eingestellt ist. Diese Auslegung ermöglicht ein schnelles und sehr genaues Einstellen der Stellantriebs, die aufgrund ihres geringen zeitlichen Aufwandes in eine Serienfertigung integriert werden kann. Der Leerhub entspricht dabei der Differenz zwischen der Auslenkung des Aktors in dessen Ruhezustand und der Auslenkung des Aktors, bei der das Servoventil sich gerade zu öffnen beginnt.

Gemäß der Erfindung enthält eine Positioniereinheit für den Stellantrieb die Vorspanneinrichtung, die das Aktorgehäuse mit einer axial gegen die Längsbewegung des Aktors wirkenden Druckspannung beaufschlagt, und eine Klemmeinrichtung, die das Aktorgehäuse am Injektorgehäuse festhält. Diese Auslegung der Positioniereinheit ermöglicht eine präzise Lagefixierung des Aktors in bezug auf das Servoventil, nachdem der Aktor in seine korrekte Position gebracht worden ist. Weiterhin ist die Positioniereinheit aufgrund der hohen zulässigen Toleranzen einfach und kostengünstig herzustellen.

Gemäß der Erfindung wird zum Prüfen der Positionierung des Stellantriebs, insbesondere zur Bestimmung des Leerhubs der Wirkverbindung zwischen dem Aktor und dem Servoventil, ein an den Aktor angelegtes linear ansteigendes Ansteuersignal mit einem gleichzeitig gemessenen Druckverlauf zeitlich korreliert, um davon den zwischen dem Aktor und dem Servoventil eingestellten Leerhub zu ermitteln. Gleichzeitig läßt sich dabei auch der Kraftstoffinjektor auf seine Dichtheit prüfen. Dieser Prüfvorgang ist aufgrund seines geringen zeitlichen Aufwandes einfach in eine Serienfertigung des Kraftstoffinjektors integrierbar.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert; es zeigen:

**Fig. 1** eine Einstellvorrichtung mit einem Kraftstoffinjektor; und

**Fig. 2** einen Querschnitt durch einen Stellantrieb des Kraftstoffinjektors.

In **Fig. 1** ist ein Kraftstoffinjektor **1** mit einer aus einer Vorschubvorrichtung **4** und einer Prüfvorrichtung **3** bestehenden Einstellvorrichtung gezeigt. Der Kraftstoffinjektor **1** setzt sich im wesentlichen aus einem Einspritzventil **11** mit einer Einspritzdüse **12**, einem in einem Injektorkopf **13** enthaltenen Stellantrieb sowie einem Aktoranschluß **14** zusammen. Im Injektorkopf **13** ist weiterhin ein Hochdruckzulauf **15**, über den Kraftstoff unter sehr hohem Druck zugeführt werden kann, sowie ein Leckageablauf **16**, über den überschüssiger Kraftstoff aus dem Kraftstoffinjektor **1** in einen

Kraftstoffvorratsbehälter zurückgeführt werden kann, ausgeführt.

Der Stellantrieb 2 im Injektorkopf 13 ist in Fig. 2 im Querschnitt dargestellt. Der Stellantrieb 2 besteht im wesentlichen aus einem piezoelektrischen Aktor 21 und einem Servoventil 22, die in einer stufig ausgebildeten Innenbohrung 132 im Injektorkopf 13 angeordnet sind. Der piezoelektrische Aktor 21 setzt sich dabei aus mehreren übereinandergestapelten piezoelektrischen Einzelelementen zusammen, die in einem Aktorgehäuse 213 zwischen einer Kopfplatte 211 und einer Bodenplatte 212 mit einer definierten Kraft von vorzugsweise 800 bis 1000 N vorgespannt sind. Der piezoelektrische Aktor 21 ist weiterhin leitend über aus der Kopfplatte 211 hervorstehende Kontaktstifte mit dem Aktoranschluß 14 verbunden, so daß über den Aktoranschluß 14 Spannung an den piezoelektrischen Aktor 21 angelegt und damit eine Längsdehnung des piezoelektrischen Aktors hervorgerufen werden kann.

Der piezoelektrische Aktor 21 ist am oberen Ende der stufig ausgebildeten Innenbohrung 132 im Injektorkopf 13 fest eingespannt. Hierbei wird das Aktorgehäuse 213 mit seiner Stirnfläche auf ein als ringförmig umlaufende Tellerfeder 51 ausgebildete Vorspanneinrichtung gedrückt, die wiederum auf einer ringförmig umlaufenden Auflagescheibe 52 abgestützt ist. Diese Auflagescheibe 52 sitzt auf einem Absatz in der Innenbohrung 132 des Injektorkopfes 13 auf.

Das Aktorgehäuse 213 wird weiter durch ein inneres Ringspannelement 54 und ein äußeres Ringspannelement 55, die zwischen dem Aktorgehäuse 213 und einem ringförmig umlaufenden Absatz 134 in der Stufenbohrung 132 des Injektorkopfes 13 angeordnet sind, geklemmt. Das innere Ringspannelement 54 und das äußere Ringspannelement 55 sind beide in bezug auf ihren Querschnitt vorzugsweise keilförmig ausgebildet und aufeinandergesteckt. Das innere Ringspannelement 54 liegt dabei mit seiner im wesentlichen zylindrischen Innenfläche am Aktorgehäuse 213 an und ist mit seiner Basisfläche auf dem Absatz 134 in der Innenbohrung 132 des Injektorkopfes 13 abgestützt. Das äußere Ringspannelement 55 liegt mit seiner im wesentlichen zylindrischen Außenfläche auf der Umfangswandung des Absatzes 134 in der Innenbohrung 132 des Injektorkopfes 13 an, wobei die abgeschrägte Innenfläche des äußeren Ringspannelements 55 auf der abgeschrägten Außenfläche des inneren Ringspannelements 54 gleitet. Auf eine Basisfläche des äußeren Ringspannelements 55 drückt weiterhin eine um das Aktorgehäuse 213 herum angeordnete Holschraube 56 mit ihrer Stirnfläche, wobei die Holschraube 56 mit einem Außengewinde in ein in der Innenbohrung 132 des Injektorkopfes 13 ausgebildetes Innengewinde eingreift. Um das Aktorgehäuse 213 zu verklemmen, wird durch Einschrauben der Holschraube 56 in die Innenbohrung 132 des Injektorkopfes 13 das äußere Ringspannelement 55 so weit auf das innere Ringspannelement 54 aufgeschoben, bis aufgrund der Keilwirkung das Aktorgehäuse 213 über das innere Ringspannelement 54 und das äußere Ringspannelement 55 mit dem Injektorkopf 13 fest verklemmt ist.

Das innere und das äußere Ringspannelement 54, 55 ist in einer weiteren Ausbildungsform an jeweils einer Position radial geschlitzt, wodurch sich die Klemmkraft reduzieren.

Die durch Elektrostriktion erzeugte Längsdehnung des piezoelektrischen Aktors 21 wird von einem als Hebelübersetzer 24 ausgebildeten Übertragungselement auf das Servoventil 22 übertragen und verstärkt, wobei der Hebelübersetzer 24 zwischen einem kreisrunden Aufsatz an der Bodenplatte 212 des piezoelektrischen Aktors 21 und einem Ventilkolben 221 des Servoventils 22 eingespannt und mit einem Schenkel auf einer in der Innenbohrung 132 des Injektorkopfes 13 unterhalb der Auflagescheibe 52 angeordneten

Führungsscheibe 53 abgestützt ist. Bei der Hebelbewegung wird der Hebelübersetzer 24 durch die Auflagescheibe 52 und der Ventilkolben 221 durch die Führungsscheibe 53 geführt. Der Ventilkolben 221 liegt weiterhin auf einem Ventilkolben 221 an, der im Ruhezustand von einer Ventilsitz 223 auf einen Ventilsitz 133 in der Innenbohrung 132 des Injektorkopfes 13 gedrückt wird.

Der in Fig. 1 dargestellte Kraftstoffinjektor 1 mit einem Stellantrieb 2, wie er in Fig. 2 gezeigt ist, arbeitet beim Einsatz in einer Brennkraftmaschine wie folgt:

Über den Hochdruckzulauf 15 wird Kraftstoff unter einem sehr hohen Druck in den Kraftstoffinjektor 1 eingespeist. Im Ruhezustand, d. h. bei nicht angesteuertem piezoelektrischen Aktor 21, wird der Ventilkolben 221 durch die Ventilsitz 223 auf den Ventilsitz 133 gedrückt, so daß die vom Servoventil 22 angesteuerte Einspritzdüse 12 geschlossen ist. Bei Anlegen einer Spannung über den Aktoranschluß 14 an den piezoelektrischen Aktor 21 bewirkt die durch Elektrostriktion hervorgerufene Längsdehnung des piezoelektrischen Aktors 21, daß dessen Bodenplatte 212 in die Innenbohrung 132 des Injektorkopfes 13 vorgeschoben wird. Dabei drückt der Aufsatz an der Bodenplatte 212 des piezoelektrischen Aktors 21 gegen den Anliegebereich des Hebelübersetzers 24, wodurch sich der auf der Führungsscheibe 53 abgestützte Hebelübersetzer 24 dreht. Durch die Drehbewegung des Hebelübersetzers 24 wird der am Hebelübersetzer anliegende Ventilkolben 221 tiefer in die Innenbohrung 132 des Injektorkopfes 13 vorgeschoben, so daß der am Ventilkolben 221 anliegende Ventilkolben 222 gegen die Haltekraft der Ventilsitz 223 von seinem Ventilsitz 133 abgehoben und so die vom Servoventil angesteuerte Einspritzdüse 12 geöffnet wird.

Nach Beenden der Spannungszufuhr zieht sich der piezoelektrische Aktor 21 wieder aus der Innenbohrung 132 des Injektorkopfes 13 zurück, wobei der Ventilkolben 222 durch die Ventilsitz 223 auf den Ventilsitz 133 gedrückt und damit die angesteuerte Einspritzdüse 12 geschlossen wird.

Um einen optimalen Verbrennungsverlauf zu erzielen, wird der Kraftstoffinjektor 1 mit einer sehr hohen Schaltgeschwindigkeit, einer kurzen Zykluszeit und einer kleinen Einspritzmenge betrieben. Hierbei ist es erforderlich, daß der Kraftstoffinjektor 1 sehr genau eingestellt ist. Dies gilt insbesondere für den durch den piezoelektrischen Aktor 21, den Hebelübersetzer 24 und das Servoventil 2 festgelegten Leerhub des Kraftstoffinjektors 1, der idealerweise im Bereich von etwa 2 µm liegt. Um die Einstellung des Leerhubs genau vornehmen zu können, ist, wie Fig. 1 zeigt, eine aus einer Vorschubvorrichtung 4 und einer Prüfvorrichtung 3 bestehende Einstellvorrichtung vorgesehen.

Die Prüfvorrichtung 3 weist dabei einen Druckerzeuger 30 auf, der über eine Druckleitung 31 an den Hochdruckzulauf 15 des Kraftstoffinjektors 1 angeschlossen ist. Der Druckerzeuger 30 dient dazu, im Kraftstoffinjektor 1 einen vorbestimmten Druck einzustellen. In der Druckleitung 31 ist nach dem Druckerzeuger 30 weiter ein Drucksensor 32 angeordnet, der den im Injektor herrschenden Druck laufend mißt. Die Prüfvorrichtung weist darüber hinaus einen Signalgenerator 33 auf, der über eine Ansteuerleitung 34 mit dem Aktoranschluß 14 verbunden ist, um eine Spannung an den piezoelektrischen Aktor 21 anzulegen. Der Signalgenerator 33, der Drucksensor 32 und der Druckerzeuger 30 sind weiterhin über Signalleitungen 35a, 35b, 35c mit einer Auswerteeinheit 36 verbunden.

Die Auswerteeinheit 36 steht weiterhin über eine Signalleitung 35 mit der Vorschubsteuereinheit 43 in Verbindung. Diese Vorschubsteuereinheit 43 ist mit einem Vorschubkolben 42 versehen, der mit seiner Stirnfläche auf dem Aktoranschluß 14 aufsteht. Die Vorschubsteuereinheit 43 erzeugt

eine Drehbewegung, die mit Hilfe eines Getriebes vom Vorschubkolben 42 in eine translatorische Bewegung umgesetzt wird. Der Kraftstoffinjektor 1 ist weiterhin an einem Tisch 41 eingespannt, der den Kraftstoffinjektor 1 gegen den vom Vorschubkolben 42 auf dem Aktoranschluß 14 ausgeübten Druck festhält.

Die in Fig. 1 dargestellte, aus der Prüfvorrichtung 3 und der Vorschubvorrichtung 4 bestehende Einstellvorrichtung arbeitet wie folgt:

Die in Fig. 1 gezeigten Komponenten des Kraftstoffinjektors 1 werden nacheinander zusammengesteckt, wobei die Hohlschraube 56 am Injektorkopf 13 nur bis zu einer vorbestimmten Tiefe eingeschraubt ist, bei der das Aktorgehäuse 213 noch nicht durch das innere Ringspannelement 54 und das äußere Ringspannelement 55 am Injektorkopf 13 festgeklemmt wird. In diesem Zustand wird der Kraftstoffinjektor 1 dann am Tisch 41 eingespannt und der Vorschubkolben 42 wird in Anlage mit dem Aktoranschluß 14 gebracht. Anschließend wird der Aktoranschluß 14 über die Ansteuerleitung 34 mit dem Signalgenerator 33 verbunden und der Hochdruckzulauf 15 über die Druckleitung 31 an den Druckerzeuger 30 angeschlossen. Als nächstes wird dann eine Prüfung des eingestellten Leerhubs vorgenommen.

Hierbei steuert dann die Auswerteeinheit 36 über die Signalleitung 35a den Druckerzeuger 30 an, damit dieser ein Medium in den Injektor 1 einspeist und so im Injektor den vorbestimmten Druck einstellt. Als Medium wird vorzugsweise ein Gas eingesetzt, da sich Gas gegenüber Flüssigkeit durch eine geringere Viskosität auszeichnet, die eine genauere Prüfung des Kraftstoffinjektors 1 auf Undichtigkeiten ermöglicht. Weiterhin hat die Verwendung von Gas den Vorteil, daß die Einzelteile des Kraftstoffinjektors 1 bei einem festgestellten Defekt bzw. einer Undichtigkeit nicht aufwendig vor einer Reparatur gereinigt werden müssen. Alternativ kann aber auch ein Prüflösungsmittel als Medium verwendet werden.

Der im Kraftstoffinjektor 1 eingestellte Druckwert liegt vorzugsweise im Bereich von 5 bis 100 bar. Der vom Druckerzeuger 30 eingestellte Druck ist je nach Anwendungsfall frei wählbar von sehr kleinen Druckwerten bis zu einem Nenndruck des Kraftstoffinjektors 1. Sobald der gewünschte Druckwert vom Drucksensor 23 über die Signalleitung 35b an die Auswerteeinheit 36 zurückgemeldet wird, unterbricht die Auswerteeinheit 36 die Verbindung zwischen dem Druckerzeuger 30 und dem Kraftstoffinjektor 1, zum Beispiel über ein im Druckerzeugerausgang integriertes Absperrventil. Gleichzeitig triggert die Auswerteeinheit 36 über die Signalleitung 35c den Signalgenerator 33, damit dieser ein vorbestimmtes Spannungssignal über die Ansteuerleitung 34 und den Aktoranschluß 14 an den piezoelektrischen Aktor 21 abgibt. Dieses Spannungssignal bewirkt, daß eine Längsdehnung des piezoelektrischen Aktors 23 hervorgerufen wird. Die Längsdehnung des piezoelektrischen Aktors 21 wird dann mit Hilfe des Hebelübersetzers 24 auf den Ventilkolben 221 übertragen, der den Ventilkolben 222 gegen die Haltekraft der Ventillfeder 223 vom Ventilsitz 133 abhebt, wodurch das Servoventil 22 geöffnet wird und Gas aus dem Kraftstoffinjektor 1 über den Leckageablauf 16 ausströmen kann. Dies führt dazu, daß der eingestellte Gasdruck im Kraftstoffinjektor 1 absinkt. Während des gesamten Ansteuervorgangs des Stellantriebs 2 wird durch den Drucksensor 32 fortlaufend der Druck im Kraftstoffinjektor 1 ermittelt und an die Auswerteeinheit 36 weitergegeben.

Die Auswerteeinheit 36 korreliert die gemessenen Druckwerte mit dem zeitlich vorbestimmten Ablauf des Stellvorgangs und bestimmt aus einem Vergleich des Druckverlaufes im Kraftstoffinjektor 1 mit vorgespeicherten Musterverläufen die Funktionseigenschaften des Servoventils 22 und

insbesondere den Leerhub zwischen dem piezoelektrischen Aktor 21, dem Hebelübersetzer 24 und dem Ventilkolben 221 des Servoventils 22.

In Fig. 1 ist der Druckverlauf im Kraftstoffinjektor 1 dargestellt, wie er vom Drucksensor 32 für einen ebenfalls dargestellten zeitlichen Verlauf des Ansteuersignals des Signalgenerators 33 gemessen wird. Das Ansteuersignal des Signalgenerators 33 ist dabei rampenförmig ausgelegt. Diese Form des Ansteuersignals ermöglicht eine sehr genaue Bestimmung des Leerhubs zwischen dem piezoelektrischen Aktor 21, dem Hebelübersetzer 24 und dem Servoventil 22, da die Auslenkung des piezoelektrischen Aktors 21 direkt proportional zur angelegten Spannung ist. So wird zum Beispiel durch eine Spannung von 4 V eine Längsdehnung des piezoelektrischen Aktors 21 von 1 µm hervorgerufen. Anhand des vom Drucksensor 32 gemessenen Druckabfalls kann genau festgestellt werden, bei welcher Spannung und damit Ausdehnung der piezoelektrische Aktor 21 den Hebelübersetzer 24 und damit das Servoventil 22 betätigt, d. h. bei welcher Ausdehnung des piezoelektrischen Aktors 21 der vorgegebene Leerhub überbrückt worden ist. Der gemessene Druckverlauf kann dabei direkt ausgewertet oder auch vor der Ausarbeitung erst mathematisch weiterverarbeitet werden. Es kann zum Beispiel die Ableitung des gemessenen Druckverlaufes bestimmt oder auch bestimmte prozentuale Änderungen im gemessenen Druckwert in bezug auf den Ausgangsdruckwert ermittelt werden.

Wie der Signalverlauf in Fig. 1 zeigt, wird der Signalgenerator 33 von der Auswerteeinheit 36 vorzugsweise um 0,5 bis 2 sec. nach dem Abschluß des Druckerzeugungsvorgangs im Kraftstoffinjektor 1 durch den Druckerzeuger 30 zeitlich verzögert ausgelöst, um so Dauerleckagen im Injektor, die sich durch einen Druckabfall vor dem eigentlichen Stellvorgang des Stellantriebs 2 im vom Drucksensor 32 gemessenen Druckverlauf niederschlagen, bestimmen zu können.

Wenn die Auswerteeinheit 36 anhand des ermittelten Druckverlaufes feststellt, daß der zwischen piezoelektrischem Aktor 21 und Servoventil 22 eingestellte Leerhub dem gewünschten Wert entspricht, wird die Hohlschraube 56 so weit angezogen, bis das Aktorgehäuse 213 durch das innere Ringspannelement 54 und das äußere Ringspannelement 55 fest mit dem Injektorkopf 13 verklemmt ist. Das Anziehen der Hohlschraube 56 kann dabei automatisch durch die Auswerteeinheit 36 ausgelöst werden oder auch manuell erfolgen.

Wenn die Auswerteeinheit 36 feststellt, daß der Leerhub den gewünschten Wert noch überschreitet, wird diese Überschreitung von der Auswerteeinheit 36 an die Vorschubstereinheit 43 gemeldet. Die Vorschubstereinheit 43 bewegt dann den Vorschubkolben 42 um eine Strecke nach vorne, die der Differenz des gemessenen Leerhubs zum gewünschten Leerhub entspricht. Da der piezoelektrische Aktor 21 frei beweglich in der Innenbohrung 132 des am Tisch 41 festgehaltenen Injektorkopfes 13 angeordnet ist, wird der Aktoranschluß 14 und der darunter angeordnete piezoelektrische Aktor 2 entsprechend dem Vorschubweg des Vorschubkolbens 42 tiefer in die Innenbohrung 132 des Injektorkopfes 13 gegen die Haltekraft der Tellerfeder 51, die zwischen der Auflagescheibe 52 und dem Aktorgehäuse 213 angeordnet ist, eingeschoben, bis der festgestellte Leerhubüberstand ausgeglichen ist. Die Verwendung der Tellerfeder 51 ermöglicht eine hochpräzise Auslegung des Verschiebeweges des piezoelektrischen Aktors 21 und gewährleistet darüber hinaus ein ausreichendes Spiel beim Einstellen des Leerhubs. Die Tellerfeder 51 zeigt dabei vorzugsweise eine Haltekraft von 300 bis 1000 N. Die Vorschubvorrichtung 4 nutzt zum Vortrieb vorzugsweise eine Umwandlung einer

Drehbewegung in eine geradlinige Bewegung, da hierdurch eine hohe geometrische und kinematische Genauigkeit bei der Bewegung des Vorschubkolbens 42 erreicht wird. Es können z. B. Gewindespindel-Mutter-Trieb, Ritzel-Zahnstangen-Trieb oder Schnecken-Zahnstangen-Trieb eingesetzt werden.

Nach Durchführung der Leerhubeinstellung mit Hilfe der Vorschubvorrichtung 4 wird dann vorzugsweise nochmals ein Prüfvorgang mit der Prüfvorrichtung 3 ausgeführt, um festzustellen, ob durch die vorgenommene Verschiebung des piezoelektrischen Aktors 21 der geforderte Leerhub eingestellt ist. Falls dies nicht erfolgt ist, kann dann nochmals mit Hilfe der Vorschubvorrichtung 4 nachgestellt werden. Eine durch elastische Verformung des Kraftstoffinjektors nach Beenden der Leerhubeinstellung und nach Entfernen der Vorschubvorrichtung 4 hervorgerufene Leerhubveränderung kann durch Einstellen eines entsprechend angepaßten Leerhubs während der Leerhubeinstellung kompensiert werden.

In einer weiteren Ausbildungsform wird der Piezoantrieb direkt als Meßmittel zur Messung des Leerhubs benutzt, indem der Effekt genutzt wird, daß die Auslenkung des Aktors direkt proportional zur angelegten Aktorspannung ist, z. B.  $0,3 \mu\text{m/V}$ . Dadurch kann durch Ansteuern des Aktors und Auswerten der Aktorspannung in Kombination mit Messen des Drucks im Injektor der Leerhub ermittelt werden.

Wenn der gewünschte Leerhub dann richtig eingestellt ist, wird, wie bereits erläutert, die Hohlsschraube 56 angezogen, so daß das innere Ringspannelement 54 und das äußere Ringspannelement 55 das Aktorgehäuse 213 fest im Injektor 13 verklemmen und damit die Lage des piezoelektrischen Aktors fixieren.

Mit dem dargestellten Prüfvorgang wird im wesentlichen nur die Funktionsfähigkeit des Stellantriebs 2 und dabei insbesondere der Leerhub zwischen dem piezoelektrischen Aktor 21, dem Hebelübersetzer 24 und dem Servoventil 22 geprüft, weil der vom Druckerzeuger 30 im Kraftstoffinjektor 1 erzeugte Gasdruck von 5 bis 100 bar nicht ausreicht, die Einspritzdüse 12 gegen die auf ihr lastende Haltekraft zu öffnen. Es ist jedoch prinzipiell möglich, den im Kraftstoffinjektor 1 erzeugten Druck durch den Druckerzeuger 30 so weit zu erhöhen, daß der gesamte Einspritzvorgang einschließlich des Öffnens der Einspritzdüse 12 simuliert und durch Korrelieren mit dem während des Einspritzvorgangs gemessenen Druckverlauf geprüft wird. Weiterhin besteht auch die Möglichkeit, den Kraftstoffinjektor 1 auf seine Dichtheit zu prüfen, indem nach Einstellen des Druckwertes im Kraftstoffinjektor 1 von der Auswerteeinheit 36 die Verbindung zwischen dem Druckerzeuger 30 und dem Hochdruckzulauf 15 unterbrochen und dann der Druck im Kraftstoffinjektor 1 für eine vorbestimmte Zeitdauer vom Drucksensor 32 gemessen wird. Anhand des gemessenen Druckverlaufes kann dann die Auswerteeinheit 36 Undichtigkeiten feststellen.

Bei der in Fig. 1 gezeigten Prüfvorrichtung 3 ist der Drucksensor 32 an den Hochdruckzulauf 15 am Injektor 13 angeschlossen und mißt so den durch den Stellvorgang des Stellantriebs 2 im Injektor hervorgerufenen Druckabfall. Alternativ kann der Drucksensor auch am Leckageablauf 16 angeschlossen werden, um einen durch den Stellvorgang des Stellantriebs 2 ausgelösten Druckanstieg festzustellen, so daß dann die Auswerteeinheit 36 aus dem Verlauf des Druckanstiegs auf die Funktionsfähigkeit des Injektors 1 bzw. seines Stellantriebs 2 schließen kann. Der Druckerzeuger 30 kann weiterhin auch ohne Zwischenschaltung einer Druckleitung 31 direkt an den Hochdruckzulauf 15 angeschlossen werden, um so das vom Druckerzeuger 30 her-

gestellte Druckvolumen minimal zu halten und einen maximalen Druckabfall im Injektor 1 durch den Stellvorgang des Stellantriebs 2 hervorzurufen.

Der erfindungsgemäße Leerhubeinstell- und Prüfvorgang zeichnet sich durch eine hohe Serientauglichkeit aus, da nur eine kurze Prüfzeit notwendig ist und darüber hinaus eine automatische Auswertung und Einstellung erfolgt. Durch die Verwendung einer Positioniereinheit, bestehend aus der Tellerfeder 51, den Ringspannelementen 54, 55, und der Hohlsschraube 56, wird eine einfache Positionierung des Stellantriebs 2 im Kraftstoffinjektor 1 bei gleichzeitig leichter Nachstellbarkeit der Stellantriebsposition gewährleistet.

Die Erfindung ist auch bei bekannten Kraftstoffinjektoren einsetzbar, die einen beispielsweise elektromagnetisch betriebenen Aktor aufweisen, der ohne Hubübersetzer, z. B. Hebelübersetzer, und ohne Servoventil, direkt über ein Übertragungselement, z. B. einen Kolben, mit der Düsenadel in Wirkverbindung steht, die beispielsweise mit dem konischen Ventilsitz an der Innenwand einer Düse ein Einspritzventil bildet, das den Kraftstoff durch Einspritzlöcher steuert. Der Leerhub entspricht hier der Differenz zwischen der Auslenkung des Aktors in dessen Ruhezustand und der Auslenkung des Aktors, bei der das Einspritzventil sich gerade zu öffnen beginnt. Somit weist der Stellantrieb eines Kraftstoffinjektors einen Aktor und ein Ventil auf, zwischen denen ein Übertragungselement angeordnet ist und zwischen denen ein vorgegebener Leerhub eingestellt ist, wobei beispielsweise das Ventil als Servoventil oder als Einspritzventil ausgebildet und das Übertragungselement als Kolben oder Hebelelement ausgebildet sein kann. Die Merkmale der vorherig genannten Ausführungsbeispiele können mit den hier beschriebenen Ausführungsformen des Stellantriebs und des Kraftstoffinjektors kombiniert werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Positionieren eines Stellantriebs in einem Gehäuse eines Kraftstoffinjektors, wobei der Stellantrieb einen Aktor mit Aktorgehäuse, ein Ventil und ein Übertragungselement zwischen dem Aktor und dem Ventil aufweist, um eine Längsbewegung des Aktors auf das Ventil zu übertragen, aufweist, mit den Verfahrensschritten:

Ermitteln des Leerhubs zwischen dem Aktor und dem Ventil ermitteln,

Verschieben des Aktors gegen die Haltekraft einer Federeinrichtung, die zwischen dem Aktorgehäuse und dem Gehäuse des Kraftstoffinjektors angeordnet ist, um eine Strecke, die der Differenz des ermittelten Leerhubs von einem geforderten Leerhub entspricht, und

Festklemmen des Aktorgehäuses im Gehäuse des Kraftstoffinjektors mittels einer Klemmeinrichtung (54, 55, 56).

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei zum Ermitteln des Leerhubs zwischen dem Aktor und dem Ventil folgende weitere Verfahrensschritte ausgeführt werden:

Einstellen eines Drucks im Kraftstoffinjektor;  
Anlegen eines linear ansteigenden Ansteuersignals an den Aktor;

Messen des im Kraftstoffinjektor herrschenden Druckes während des Anlegens des linear ansteigenden Ansteuersignals an den Aktor; und  
zeitliches Korrelieren des im Injektor gemessenen Druckverlaufes mit dem linear ansteigenden Ansteuersignal, um den Leerhub zu bestimmen.

3. Verfahren gemäß Anspruch 2, wobei in dem Kraftstoffinjektor ein Gas eingespeist wird, um einen vorge-

gebenen Druck von vorzugsweise 5 bis 100 bar zu erzeugen.

4. Verfahren gemäß Anspruch 2 oder 3, wobei der Beginn des Anlegens des Ansteuersignals nach dem Einstellen des vorgegebenen Druckes im Kraftstoffinjektor vorzugsweise um 0,5 bis 2 sec. verzögert gestartet wird, um den Kraftstoffinjektor auf Dichtheit zu prüfen.

5. Vorrichtung zum Positionieren eines Stellantriebs (2) in einem Gehäuse (13) eines Kraftstoffinjektors (1), wobei der Stellantrieb einen Aktor (21) mit einem Aktorgehäuse (213), ein Ventil (22) und ein Übertragungselement zwischen dem Aktor und dem Ventil aufweist, um eine Längsbewegung des Aktors auf das Ventil zu übertragen, aufweist, aufweisend eine Prüfvorrichtung (3) zur Bestimmung eines Leerhubs zwischen dem Aktor und dem Ventil durch Auslösen eines Stellvorgangs des Stellantriebs; und eine Vorschubvorrichtung (4) zum Verschieben des Aktors (21) gegen eine Haltekraft einer Federeinrichtung (51), die zwischen dem Aktorgehäuse (213) und dem Gehäuse (13) des Kraftstoffinjektors (1) angeordnet ist, um eine Strecke, die der Differenz zwischen dem gemessenen Leerhub und einem geforderten Leerhub entspricht.

6. Vorrichtung gemäß Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorschubvorrichtung (4) einen Tisch (41) zum Festhalten des Gehäuses (13) des Kraftstoffinjektors (1) und eine Vorschubsteuereinheit (43) mit einem Vorschubkolben (42) zum Verschieben des Aktors (21) in das Gehäuse des Kraftstoffinjektors (1) aufweist.

7. Vorrichtung gemäß Anspruch 5 oder 6, wobei die Prüfvorrichtung (3) einen an den Kraftstoffinjektor (1) anschließbaren Druckerzeuger (30) zum Einstellen eines vorgegebenen Druckes im Kraftstoffinjektor (1), einen an den Kraftstoffinjektor (1) anschließbaren Drucksensor (32) zum Messen eines im Kraftstoffinjektor herrschenden Druckes, einen an den Aktor (21) anschließbaren Signalgenerator (33) zum Versorgen des Aktors mit einem linear ansteigenden Ansteuersignal und eine mit dem Drucksensor (32) und dem Signalerzeuger (33) verbundene Auswerteeinheit (36) zum zeitlichen Korrelieren des vom Drucksensor gemessenen Druckverlaufes mit dem linear ansteigenden Ansteuersignal, um den Leerhub zwischen dem Aktor und dem Ventil zu bestimmen, aufweist.

8. Vorrichtung gemäß Anspruch 7, wobei der Druckerzeuger (30) zum Einspeisen eines Gases in dem Kraftstoffinjektor (1) ausgelegt ist, um einen Druck von vorzugsweise 5 bis 100 bar zu erzeugen.

9. Kraftstoffinjektor mit einem Stellantrieb (2) in einem Gehäuse (13) eines Kraftstoffinjektors (1), wobei der Stellantrieb einen Aktor (21) mit einem Aktorgehäuse (213), ein Ventil (22) und eine Übertragungselement zwischen dem Aktor und dem Ventil aufweist, aufweisend eine Federeinrichtung (51), die zwischen dem Aktorgehäuse (213) und dem Gehäuse (13) des Kraftstoffinjektors (1) angeordnet ist, um das Aktorgehäuse mit einer axialen Haltekraft zu beaufschlagen, und eine Klemmeinrichtung (54, 55, 56), die das Aktorgehäuse (213) am Gehäuse (13) des Kraftstoffinjektors (1) festhält.

10. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 9, wobei die Federeinrichtung eine Tellerfeder (51) aufweist, die zwischen einer Stirnfläche des Aktorgehäuses (213) und einem Absatz (134) in einer Innenbohrung (132)

des Gehäuses (13) des Kraftstoffinjektors (1) angeordnet ist.

11. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 9 oder 10, wobei die Klemmeinrichtung im Querschnitt vorzugsweise keilförmige Ringspannelemente (54, 55), die zwischen dem Aktorgehäuse (213) und der Innenbohrung (132) des Gehäuses (13) des Kraftstoffinjektors (1) angeordnet sind, und eine mit dem Gehäuse des Kraftstoffinjektors verbundene Schraube, die die Spannringe verklemmen, aufweist.

12. Kraftstoffinjektor gemäß einem der Ansprüche 9 bis 11, wobei das Ventil als Servoventil ausgebildet ist.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

FIG 1

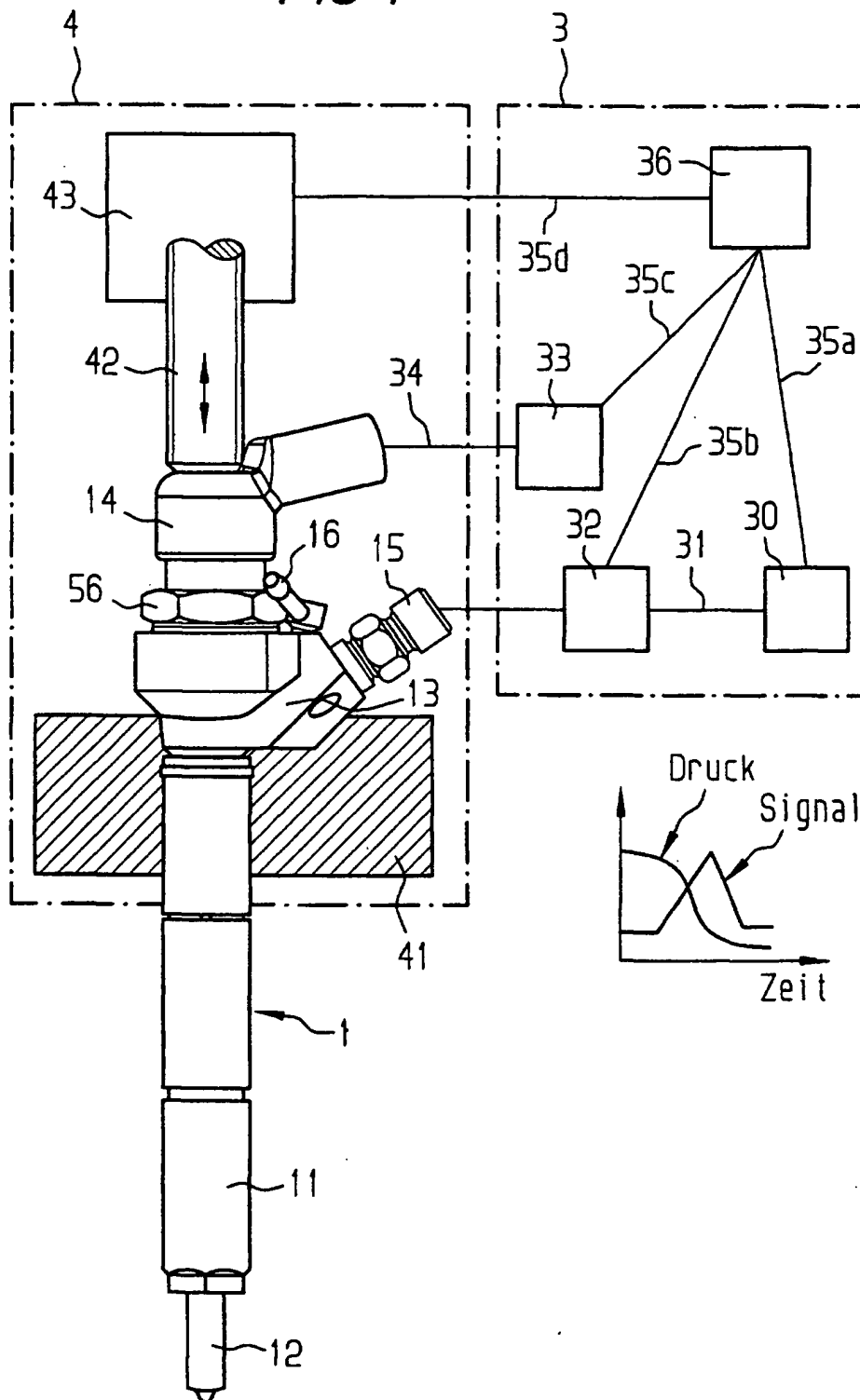
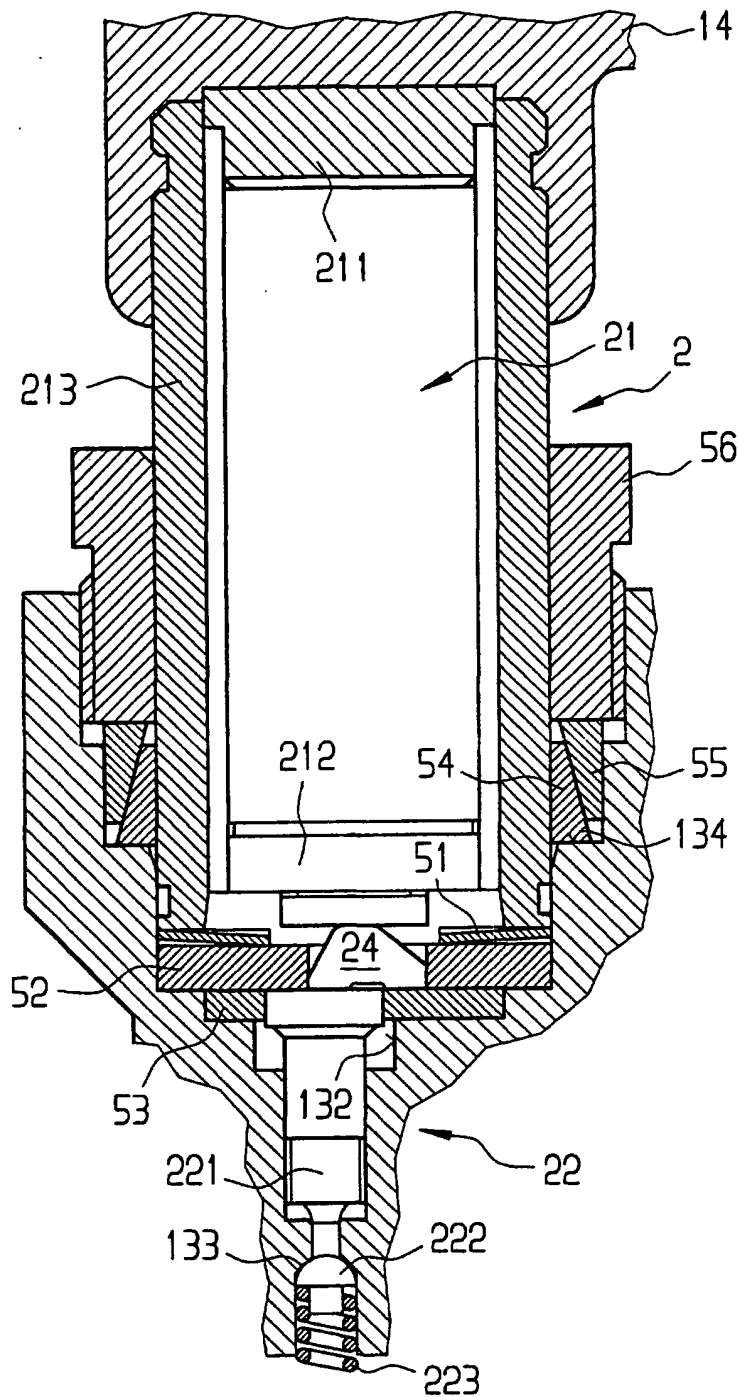


FIG 2





## Play setting between actuator and servovalve driven by actuator in fuel injector

**Patent number:** DE19902807

**Publication date:** 2000-06-08

**Inventor:** FRANK WILHELM (DE); RIZK REDA (DE)

**Applicant:** SIEMENS AG (DE)

**Classification:**

- international: F02M51/06; F02M65/00; F02M47/02

- european: F02M47/02D; F02M59/46E2; F02M61/16B; F02M65/00

**Application number:** DE19991002807 19990125

**Priority number(s):** DE19991002807 19990125

**Also published as:**

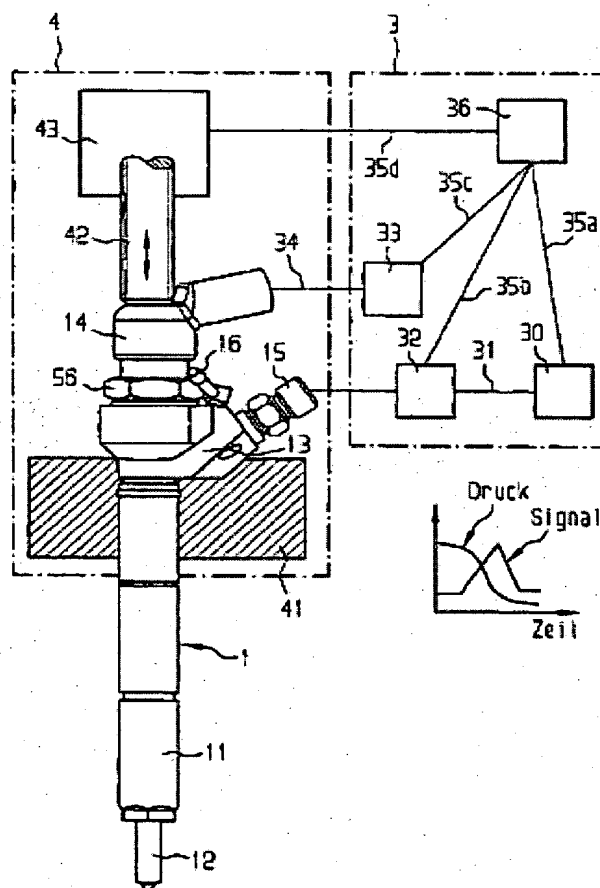


FR2794175 (A)

Report a data error he

### Abstract of DE19902807

The method involves determining the play between the actuator (21) and valve (22), displacing the actuator against the restraining force of a spring arrangement arranged between the actuator housing and the fuel injector (1) housing by a distance corresponding to the difference between the detected play and the required play and clamping the actuator housing in the fuel injector housing with a clamp arrangement (56).



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Docket # S3-02P 15734

Applic. # 10/534, 681

Applicant: Dick et al.

Lerner and Greenberg, P.A.  
Post Office Box 2480  
Hollywood, FL 33022-2480  
Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101